

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Attorney Docket: 2098L/49970  
PATENT



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: FRANZ CEMIC ET AL.

Serial No.: NOT YET ASSIGNED

Filed: JUNE 29, 2001

Title: ILLUMINATION DEVICE, AND COORDINATE MEASURING  
INSTRUMENT HAVING AN ILLUMINATION DEVICE

#2  
4 SEP 01  
R. Talbot

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Box PATENT APPLICATION  
Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231


Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 100 31 719.7, filed in Germany on June 29, 2000, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,

June 29, 2001

  
Jeffrey D. Sanok  
Registration No. 32,169

CROWELL & MORING, LLP  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 628-8800  
Facsimile No.: (202) 628-8844



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 31 719.7

**Anmeldetag:** 29. Juni 2000

**Anmelder/Inhaber:** Leica Microsystems Wetzlar GmbH, Wetzlar/DE

**Bezeichnung:** Beleuchtungseinrichtung und Koordinaten-Messgerät  
mit einer Beleuchtungseinrichtung

**IPC:** G 02 B, G 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. März 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

### Zusammenfassung

Eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung umfasst eine Lichtquelle (1), ein optisches Faserbündel (4), eine Einkoppeloptik (3) vor und eine Auskoppeloptik (5) nach dem Faserbündel (4) sowie eine Beleuchtungsoptik (17; 20). Eine Homogenisierungsoptik (6) zwischen der Auskoppeloptik (5) und der Beleuchtungsoptik (17; 20) bewirkt eine Homogenisierung der Intensitätsverteilung im Bildfeld. Die Homogenisierungsoptik (6) besteht vorteilhaft aus einem Mikrowabenkondensor (7) und einem Linsenglied (8), welche die Austrittsöffnung des Faserbündels (4) in einer Zwischenbildebene (10) zu einem homogenen Zwischenbild überlagern. Das Koordinaten-Messgerät umfasst einen xy-Messtisch (26) zur Aufnahme eines Substrates mit einer zu vermessenden Struktur (31), ein Beleuchtungssystem mit einer Lichtquelle (1), ein optisches Faserbündel (4), eine Einkoppeloptik (3), eine Auskoppeloptik (5), einer Beleuchtungsoptik (17;20) zur Ausleuchtung eines Bildfelds auf dem Substrat, und eine Detektoreinrichtung (14) zur Positionsbestimmung der Struktur. Eine Homogenisierungsoptik (6) zwischen der Auskoppeloptik (5) und der Beleuchtungsoptik (17; 20) bewirkt eine Homogenisierung der Intensitätsverteilung im Bildfeld.

20 (Fig. 1)

**Beleuchtungseinrichtung und Koordinaten-Messgerät mit einer  
Beleuchtungseinrichtung**

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft ferner ein  
5 Koordinaten-Messgerät mit einer Beleuchtungseinrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Anspruchs 5. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen an.

Bei der Produktion von Halbleiter-Chips werden mit immer größerer Packungsdichte die Strukturbreiten der einzelnen Strukturen immer kleiner.  
10 Entsprechend den immer kleineren Strukturen, steigen die Anforderungen an die Spezifikationen von Koordinaten-Messgeräten, die als Mess- und Inspektionssysteme zur Messung der Kanten der Strukturen und der Position der Strukturen sowie zur Messung der Strukturbreiten eingesetzt werden. Bei diesen Koordinaten-Messgeräten werden immer noch optische  
15 Antastverfahren favorisiert, obwohl die Strukturbreiten schon kleiner als die zum Messen bzw. zur Inspektion verwendete Lichtwellenlänge sind. Der Grund liegt darin, dass Mess-Systeme mit optischen Antastverfahren wesentlich leichter zu benutzen sind als Systeme mit anderer Antastung, beispielsweise mit Elektronenstrahlen.

20 Aufgrund der immer kleineren zu messenden Strukturen steigen aber die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Optik, insbesondere das Auflösungsvermögen. Um beispielsweise Strukturbreiten, Kantenprofile o. Ä.

optisch reproduzierbar vermessen zu können, müssen die Messfelder möglichst homogen ausgeleuchtet werden.

Es sind Beleuchtungseinrichtungen bekannt, die zur Erzeugung eines homogenen Leuchtfeldes mit einem Lichtwellenleiter arbeiten. Eine solche Beleuchtungseinrichtung wird beispielsweise in dem Koordinaten-Messgerät Leica® LMS IPRO der Fa. Leica Microsystems GmbH verwendet.

In dieser Beleuchtungseinrichtung wird das Licht einer Lichtquelle über eine Einkoppeloptik mit kleiner Numerischer Apertur (z.B. von  $NA = 0.18$ ) abgenommen und in einen Multimode-Lichtwellenleiter eingekoppelt. Als Lichtquelle wird dabei ein 100W-Hg-Xe-Entladungslampe verwendet. Der Multimode-Lichtwellenleiter besitzt einen geringen Kerndurchmesser von 0.4 mm und eine nominelle Numerische Apertur  $NA = 0.21$ . Über eine Auskoppeloptik wird dann mit Hilfe einer Tubuslinse und eines PLAN-APO 50x-Objektivs die Probe in bekannter Weise köhlersch beleuchtet. Mit dieser Beleuchtungseinrichtung wird ein Bildfeld mit einem Durchmesser von 0.056 mm beleuchtet. Um in diesem Fall eine gleichmässige Ausleuchtung mit Inhomogenitäten im Bereich von wenigen Prozent zu erreichen, wird von der Multimode-Faser nur eine kleine Numerische Apertur  $NA = 0.12$  abgenommen. Das entspricht einem Halbwinkel von ca.  $7^\circ$ . Dadurch wird nur der Bereich der Abstrahlcharakteristik der Faser zur Beleuchtung verwendet, in dem die Intensität des Lichts als Funktion des Abstrahlwinkels nur im Prozentbereich variiert.

Die bekannte Beleuchtungseinrichtung besitzt den Vorteil, dass die Lichtquelle, die zugleich eine starke Wärmequelle ist, weit außerhalb des eigentlichen Messortes bzw. weit entfernt von der zu vermessenden Probe angeordnet werden kann. Dadurch werden Temperatureinflüsse auf die Messgenauigkeit des Koordinaten-Messgerätes minimiert. Zugleich wird das Beleuchtungslicht über den flexiblen Lichtwellenleiter an jeden beliebigen Messort geleitet.

Der Nachteil der bekannten Beleuchtungseinrichtung ist, dass aufgrund der Abstrahlcharakteristik von Multimode-Fasern der Winkelbereich, in dem die Intensität des abgestrahlten Lichts nur in der Größenordnung von wenigen Prozent variiert, sehr schmal ist. Sollen jedoch größere Felder homogen  
5 ausgeleuchtet werden, muß der Faserdurchmesser entsprechend groß dimensioniert werden. Die Steifigkeit optischer Fasern steigt mit zunehmendem Durchmesser stark an. Für zukünftige Koordinaten-Messgeräte wird beispielsweise ein homogen ausgeleuchtetes Bildfeld der Größe 0.35 mm benötigt. Dazu müßte eine optische Faser mit einem  
10 Kerndurchmesser größer als 1 mm eingesetzt werden, um eine hinreichende Homogenität im Bildfeld zu erzielen. Fasern mit einem Kerndurchmesser größer als 1 mm sind jedoch aufgrund ihrer Steifigkeit in der Praxis nicht mehr einsetzbar.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine  
15 Beleuchtungseinrichtung für ein Koordinaten-Messgerät zur homogenen Ausleuchtung eines deutlich größeren Bildfeldes als bisher möglich anzugeben, wobei gleichzeitig nur ein geringer Lichtverlust entstehen soll. Dabei sollen die Helligkeitsunterschiede im ausgeleuchteten Bildfeld sehr gering sein.

20 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Beleuchtungseinrichtung mit einer Lichtquelle, einem Lichtwellenleiter, einer Einkoppeloptik, welche das Licht der Lichtquelle in ein erstes Ende des Lichtwellenleiters einkoppelt, einer Auskoppeloptik, welche das aus einem zweiten Ende des Lichtwellenleiters austretende Licht auskoppelt, und einer Beleuchtungsoptik, welche das aus  
25 der Auskoppeloptik austretende Licht aufnimmt und ein Bildfeld ausleuchtet, in der erfindungsgemäß,

- a) als Lichtwellenleiter ein optisches Faserbündel angeordnet ist,
- b) und in welcher zwischen der Auskoppeloptik und der  
30 Beleuchtungsoptik eine Homogenisierungsoptik angeordnet ist, welche die ungleichmässige Intensitätsverteilung des aus dem optischen Faserbündel (4) austretenden Lichts im Bildfeld homogenisiert.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung verwendet wiederum einen Lichtwellenleiter. Das Licht einer Lichtquelle wird über eine vergrößernde  
5 Einkoppeloptik mit möglichst großer Numerischer Eintrittsapertur (z.B. von  $NA = 0.60$ ) abgenommen und in den Lichtwellenleiter eingekoppelt. Darin liegt bereits ein Unterschied zu der bekannten Beleuchtungseinrichtung, bei der das Licht der Lichtquelle über eine Einkoppeloptik mit kleiner Apertur abgenommen und in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wurde. Da in der  
10 erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung vom hellsten Lampenausschnitt ein möglichst großer Winkel abgenommen wird, wird ein deutlicher Intensitätsgewinn erzielt.

Um jedoch zu vermeiden, dass eine optische Faser, d.h. ein Lichtwellenleiter, mit großem Kerndurchmesser eingesetzt werden muß, wird statt dessen ein  
15 Faserbündel eingesetzt. Das von dem Faserbündel emittierte Licht, das üblicherweise eine unbefriedigende Intensitätsverteilung aufweist, wird erfindungsgemäß mit einer Homogenisierungsoptik in eine sogenannte "Flat-Top-Verteilung" (sogenannter Super-Gauss) transformiert.

Als Homogenisierungsoptiken können refraktive Linsenarrays, Holografische  
20 Optische Elemente (HOE), Diffraktive Optische Elemente (DOE), Wabenkondensoren oder Kombinationen aus Linsenarrays und Streuscheiben eingesetzt werden.

Als die optimale Lösung für die Homogenisierungsoptik hat sich jedoch eine Hintereinanderschaltung eines Mikrowabenkondensors und eines  
25 Linsengliedes herausgestellt. Der Mikrowabenkondensor besteht aus zwei miteinander verkitteten Quarzplatten, die jeweils an den Außenflächen ein dichtes Array von plankonvexen Mikrolinsen aufweisen, wobei die beiden Außenflächen wechselseitig in der Fokusebene der Mikrolinsen an der jeweils gegenüberliegenden Außenfläche stehen. Mit zunehmender Anzahl der  
30 durchstrahlten Mikrolinsen nähert sich die Homogenität an ein Optimum an.



Diese optimale Homogenität der Helligkeit im Bildfeld wird durch eine weitere Erhöhung der Anzahl der Mikrolinsen nicht mehr nennenswert gesteigert werden.

5 Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Koordinaten-Messgerät mit einer Beleuchtungseinrichtung zur homogenen Ausleuchtung eines deutlich größeren Bildfeldes als bisher möglich anzugeben, wobei gleichzeitig nur ein geringer Lichtverlust entstehen soll. Dabei sollen die Helligkeitsunterschiede im ausgeleuchteten Bildfeld sehr gering sein.

10 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Koordinaten-Messgerät mit einem horizontal xy-verschiebbaren Messtisch zur Aufnahme eines Substrates mit einer zu vermessenden Struktur, einem Beleuchtungssystem mit einer Lichtquelle, einem Lichtwellenleiter, einer Einkoppeloptik vor dem Lichtwellenleiter, einer Auskoppeloptik nach dem Lichtwellenleiter, und einer Beleuchtungsoptik zur Ausleuchtung eines Bildfelds, und einer  
15 Detektoreinrichtung zur Bestimmung der Position der Struktur, bei welchem erfindungsgemäß

- 20 a) als Lichtwellenleiter ein optisches Faserbündel angeordnet ist,  
b) und in welchem zwischen der Auskoppeloptik und der Beleuchtungsoptik eine Homogenisierungsoptik angeordnet ist , welche die ungleichmässige Intensitätsverteilung des aus dem optischen Faserbündel austretenden Lichts im Bildfeld homogenisiert.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

25 Da die Intensitätsverteilung des aus dem Lichtleiter emittierten Lichts durch den erfindungsgemäßen Einsatz einer Homogenisierungsoptik in guter Näherung keinen Einfluß mehr auf das Intensitätsprofil im Bildfeld hat, kann statt einer Einzelfaser mit großem Kerndurchmesser auch ein Faserbündel bestehend aus vielen Einzelfasern eingesetzt werden. Dieser Lichtleitertyp weist auch bei großem Durchmesser eine geringe Steifigkeit auf. Bei

Einzelfasern ist die Abstrahlcharakteristik stark vom Krümmungszustand der Faser abhängig, was einen größeren Justageaufwand erfordert. Faserbündel sind dagegen deutlich unempfindlicher gegenüber Krümmungen. Dabei ist die Lichtbilanz, also der Quotient aus der Gesamtintensität im Bildfeld zur  
5 Intensität des von der Faser emittierten Lichts, bei einer Homogenisierung mittels eines Linsenarrays vergleichsweise am günstigsten.

Mit einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung wird ein homogen ausgeleuchtetes Bildfeld mit einem Mindestdurchmesser von 0.35 mm bei  
10 einer numerischen Apertur von 0.60 erzielt. Die Beleuchtungs-Inhomogenität beträgt weniger als  $\pm 2\%$  des Mittelwerts zwischen der Maximal-Intensität und der Minimal-Intensität.

In einem erfindungsgemäßen Koordinaten-Messgerät, mit dem Strukturen von Lithografie-Masken der Halbleiter-Industrie vermessen werden, ist das  
15 homogen ausgeleuchtete Bildfeld damit gleich groß. Dadurch ist beispielsweise ein Nachfokussieren auf Veränderungen der Lage der Strukturebenen, die aufgrund der fertigungsbedingten Masken-Dickentoleranzen auftreten, nicht notwendig. Auch hier beträgt die Beleuchtungs-Inhomogenität weniger als  $\pm 2\%$  des Mittelwerts zwischen der Maximal-Intensität und der Minimal-Intensität. Dies führt zu einer deutlichen  
20 Verbesserung der Messgenauigkeit, insbesondere bei großen Masken.

Die Erfindung wird anhand mehrerer Ausführungsbeispiele mit Hilfe der schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1:** Optikschemata einer Beleuchtungseinrichtung für eine Durchlicht-  
Beleuchtung;


25 **Fig. 2:** Detailvergrößerung „X“ aus Fig. 1, Schnitt durch einen Wabenkondensor;

**Fig. 3 :** Optikschemata einer Beleuchtungseinrichtung für eine Auflicht-  
Beleuchtung;


**Fig. 4:** ein Koordinaten-Messgerät mit einer einer kombinierten Auflicht- und Durchlicht-Beleuchtung, welche eine erfindungsgemäße Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung umfasst;

5 **Fig. 5:** schematischer Strahlengang vor und nach dem Kondensor der Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung aus **Fig. 4** für unterschiedlich dicke Masken.

In den Figuren sind gleichartige Elemente mit denselben Bezugsziffern bezeichnet.

 **Fig. 1** zeigt das Optikschemata einer erfindungsgemäßen  
10 Beleuchtungseinrichtung, hier speziell für eine Durchlichtbeleuchtung, wie sie beispielsweise in einem Koordinaten-Messgerät oder einem Stepper verwendet werden kann.

Von einer Lichtquelle 1 geht ein Durchlicht-Beleuchtungsstrahlengang mit einer optischen Achse 2 aus. Das Licht der Lichtquelle 1 wird über eine  
15 vergrößernde Einkoppeloptik 3 mit möglichst großer Numerischer Eintritts-Apertur (z.B. von  $NA = 0.60$ ) abgenommen und in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt. Als Lichtwellenleiter wird ein optisches Faserbündel 4 verwendet.

 Eine Auskoppeloptik 5, die vorzugsweise als ein Achromat ausgebildet ist,  
20 kollimiert das von dem Faserbündel 4 emittierte Licht. Dabei bleibt die inhomogene Intensitätsverteilung des von dem Faserbündel 4 emittierten Lichts erhalten. Daher wird das kollimierte Licht am Ausgang der Auskoppeloptik 5 erfindungsgemäß auf eine Homogenisierungsoptik 6 gerichtet, welche die inhomogene Intensitätsverteilung in eine sogenannte  
25 "Flat-Top-Verteilung" (sogenannter Super-Gauss) transformiert.

Die Homogenisierungsoptik 6 besteht in diesem Ausführungsbeispiel aus einem Mikrowabenkondensor 7 und einem Linsenglied 8, welche die

Austrittsöffnung 9 des Faserbündels 4 in einer Zwischenbildebene 10 zu einem homogenen Zwischenbild überlagern.

**Fig. 2** zeigt eine Detailvergrößerung des in **Fig. 1** mit „X“ bezeichneten Bereichs. Dargestellt ist ein Schnitt durch einen Mikrowabenkondensor 7. Die vordere Außenfläche 11 des Mikrowabenkondensors 7 (in der Figur links angeordnet) befindet sich in der Brennebene der Auskoppeloptik 5.

Der Mikrowabenkondensor 7 besteht aus einer ersten, planen Quarzplatte 11 und einer zweiten, planen Quarzplatte 12, die beide miteinander verkittet sind. Die Kittfläche 14 zwischen der ersten Quarzplatte 11 und der zweiten Quarzplatte 12 ist unverhältnismäßig dick dargestellt.

Die Außenfläche 13 der ersten Quarzplatte 11 stellt die Vorderseite des Mikrowabenkondensors 7 dar, auf welche das von der Auskoppeloptik 5 kommende Licht auftrifft. Die Außenfläche 15 der zweiten Quarzplatte 12 stellt die Rückseite des Mikrowabenkondensors 7 dar, durch welche das Licht wieder austritt.

In die Außenfläche 13 der ersten Quarzplatte 11 und in die Außenfläche 15 der zweiten Quarzplatte 12 sind in einer hexagonalen Anordnung plan-konkave Mikrolinsen (Positiv-Linsen) 16 geätzt. Das Ätzen kann beispielsweise mit einem lithografischen Prozess erfolgen. Die beiden Außenflächen 13 und 15 stehen wechselseitig im jeweiligen Fokus der an der jeweils gegenüberliegenden Außenfläche 13, 15 angeordneten Mikrolinsen 16.

Auf der Rückfläche des Mikrowabenkondensors 7 erhält man dadurch Vielfachbilder der Austrittsöffnung 9 des Faserbündels 4. Die Zahl der Vielfachbilder entspricht der Zahl der ausgeleuchteten Mikrolinsen 16. Die Größe der Vielfachbilder bestimmt sich aus dem Brennweitenverhältnis des Achromaten 5 und der Brennweiten der Mikrolinsen 16.

Der weitere Strahlengang ist wieder in **Fig. 1** gezeigt. Das Linsenglied 8, das vorzugsweise als ein Achromat ausgebildet ist, bildet dann die Querschnitte der Mikrolinsen 16 auf der vorderen Außenfläche 13 des Mikrowabenkondensors 7 übereinander in eine Zwischenbildebene 10 ab.  
5 Diese Überlagerung sorgt, wenn die Zahl der Mikrolinsen 16 groß genug gewählt wurde, für ein sehr homogenes Zwischenbild.

Mit einem Kondensor 17, der als Beleuchtungsoptik angeordnet ist, wird das homogenisierte Zwischenbild dann verkleinert auf ein Durchlicht-Objekt 18 abgebildet. Gleichzeitig wird die Austrittsfläche des Mikrowabenkondensors  
10 15 durch den Kondensor 17 ins Unendliche abgebildet. Man erhält auf diese Weise die gewünschte homogene Ausleuchtung des Objektfeldes auf dem Durchlicht-Objekt 18. Das Durchlicht-Objekt 18 kann beispielsweise das Messfeld eines Koordinaten-Messgeräts oder ein Präparat auf einem Mikroskoptisch sein.

15 **Fig. 3** zeigt das Optikschemata einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung, hier speziell für eine Auflichtbeleuchtung, wie sie beispielsweise in einem Koordinaten-Messgerät oder einem Stepper verwendet werden kann.

Von einer Lichtquelle 1 geht ein Auflicht-Beleuchtungsstrahlengang mit einer  
20 optischen Achse 2 aus. Das Licht der Lichtquelle 1 wird über eine vergrößernde Einkoppeloptik 3 mit möglichst großer Numerischer Eintritts-Apertur (z.B. von  $NA = 0.60$ ) abgenommen und in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt. Als Lichtwellenleiter wird ein optisches Faserbündel 4 verwendet.

25 Zunächst wird das von dem Faserbündel 4 emittierte Licht mit einer Auskoppeloptik 5, die vorzugsweise als ein Achromat ausgebildet ist, kollimiert. Dabei bleibt die inhomogene Intensitätsverteilung des von dem Faserbündel 4 emittierten Lichts erhalten. Daher wird das kollimierte Licht am Ausgang der Auskoppeloptik 5 erfindungsgemäß auf einen  
30 Mikrowabenkondensor 7 gerichtet, der Teil einer Homogenisierungsoptik 6 ist,

welche die inhomogene Intensitätsverteilung in eine sogenannte "Flat-Top-Verteilung" (sogenannter Super-Gauss) transformiert.

Auf der Rückfläche des Mikrowabenkondensors 7 erhält man dann, wie bereits beschrieben, Vielfachbilder der Lichtquelle, im vorliegenden Fall also der Austrittsöffnung 9 des Faserbündels 4. Die Zahl der Vielfachbilder  
5 entspricht der Zahl der ausgeleuchteten Mikrolinsen 16.

Ein Linsenglied 8, das vorzugsweise als ein Achromat ausgebildet ist, bildet dann die Querschnitte der Mikrolinsen 16 auf der vorderen Außenfläche 13 des Mikrowabenkondensors 7 übereinander in eine Zwischenbildebene 10 ab.  
10 Diese Überlagerung sorgt, wenn die Zahl der Mikrolinsen 16 groß genug gewählt wurde, für ein homogenes Zwischenbild.

Mit einer Linsengruppe 19 und einem als Beleuchtungsoptik angeordneten Objektiv 20, zwischen denen ein Strahlteiler 21 angeordnet ist, wird das homogenisierte Zwischenbild dann verkleinert auf ein Auflicht-Objekt 22 und  
15 die als Pupille fungierende Rückseite des Mikrowabenkondensors 15 im Objektraum ins Unendliche abgebildet. Man erhält auf diese Weise die gewünschte homogene Ausleuchtung des Objektfeldes auf dem Auflicht-Objekt 22. Das Auflicht-Objekt 22 kann beispielsweise ein Messfeld eines Koordinaten-Messgeräts oder ein Präparat auf einem Mikroskoptisch sein.

**Fig. 4** zeigt ein Ausführungsbeispiel für ein Koordinaten-Messgerät mit einer  
20 einer kombinierten Auflicht- und Durchlicht-Beleuchtung, welche eine erfindungsgemäße Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung umfasst.

Das dargestellte Koordinaten-Messgerät weist einen Granitblock 23 auf, der auf Schwingungsdämpfern 24, 25 gelagert ist. Auf dem Granitblock 23 ist ein  
25 als Rahmen ausgebildeter Messtisch 26 auf Luftlagern 27, 28 in x- und y-Richtung (in der Zeichnung durch zwei Pfeile angedeutet) gleitend verschiebbar. Der Rahmen des Messtisches 26 besteht vorteilhafterweise aus einer Glaskeramik mit geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die Antriebselemente zum Verfahren des Messtisches 26 sind nicht dargestellt.

Die Position des Messtisches 26 wird mit einem Laser-Interferometer-System 29 in x- und y-Richtung gemessen.

In den Rahmen des Messtisches 26 ist eine Maske 30 eingelegt. Die Maske 30 besteht z.B. aus Quarzglas. Auf der Maskenoberfläche sind Strukturen 31  
5 aufgebracht. Da der Messtisch 26 als Rahmen ausgebildet ist, kann die Maske 30 auch von unten her durchleuchtet werden.

Oberhalb der Maske 30 befindet sich als Abbildungssystem ein Objektiv 20 hoher optischer Güte, das zur Fokussierung längs seiner optischen Achse 2 in z-Richtung verstellbar ist. Über einen Teilerspiegel 32 wird zum einen das  
10 Licht einer Auflicht-Lichtquelle 33 in den optischen Strahlengang eingeleitet und zum anderen werden die Abbildungsstrahlen auf eine Detektor-Einrichtung 34 gelenkt. Die Detektor-Einrichtung 34 ist z.B. eine CCD-Kamera mit hochauflösendem Pixelarray. Die Auflicht-Lichtquelle 33 emittiert beispielsweise im nahen UV-Spektralbereich. Mittels der Detektor-Einrichtung  
15 34 wird die Position einer Struktur 31 als Koordinaten auf der Maske 30 bestimmt.

In den Granitblock 23 ist als weitere Beleuchtungseinrichtung eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung mit einem höhenverstellbaren Kondensor 17 und einer Lichtquelle 1 eingesetzt. Von der Lichtquelle 1 geht ein Durchlicht-  
20 Beleuchtungsstrahlengang mit einer optischen Achse 2 aus. Das Licht der Lichtquelle 1 wird über eine vergrößernde Einkoppeloptik 3 mit möglichst großer Numerischer Eintrittsapertur (z.B. von  $NA = 0.60$ ) abgenommen. Auf diese Weise wird besonders viel Licht der Lichtquelle aufgenommen. Allerdings weist das Licht über diese große Apertur besonders große  
25 Intensitätsinhomogenitäten auf. Das aufgenommene Licht wird mit der Einkoppeloptik 3 in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt. Als Lichtwellenleiter wird ein optisches Faserbündel 4 verwendet.

Eine Auskoppeloptik 5, die vorzugsweise als ein Achromat ausgebildet ist, kollimiert das von dem Faserbündel 4 emittierte Licht. Dabei bleibt die  
30 inhomogene Intensitätsverteilung des von dem Faserbündel 4 emittierten

Der Kondensor 17 ist nahe an eine Maske 30 herangefahren, die auf dem offenen Rahmen eines Messtisches 26 gelagert ist. An der dem Kondensor 17 abgewendeten Oberseite 35 weist die Maske 30 Strukturen 31 auf. Diese Oberseite 35 der Maske 30 wird mit einem bestimmten Bildfeld mit sehr  
5 homogener Lichtintensität beleuchtet. Das homogen ausgeleuchtete Bildfeld weist beispielsweise einen Mindestdurchmesser von 0.35 mm bei einer numerischen Apertur von 0.60 auf.

Gestrichelt ist außerdem eine dickere Maske 30' mit einer Oberseite 35' eingezeichnet. Ihre Oberseite 35' ist deutlich weiter von dem Kondensor  
10 entfernt. Da die Beleuchtungseinrichtung sehr große homogene Bildfelder erzielt, reicht auch bei der dickeren Maske 30' für die Position der Oberseite 35', welche die Lage der Strukturebenen bestimmt, das Bildfeld für eine Messung noch aus. Dadurch ist ein Nachfokussieren aufgrund  
Veränderungen der Lage der Strukturebenen, die als Folge der  
15 fertigungsbedingten Dickentoleranzen der Masken auftreten, nicht notwendig.

Die vorliegende Erfindung ist in Bezug auf Ausführungsbeispiele beschrieben worden. Es jedoch für jeden auf diesem Fachgebiet tätigen Fachmann offensichtlich, dass Änderungen und Abwandlungen vorgenommen werden  
20 können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung für jede Art von Mess- oder Inspektionssystemen, Mikroskopen, Steppern usw. verwendet werden.



**Bezugszeichenliste**

- |    |     |  |
|----|-----|--|
|    | 1.  | Lichtquelle                                    |
|    | 2.  | optische Achse                                 |
|    | 3.  | Einkoppeloptik                                 |
| 5  | 4.  | optisches Faserbündel                          |
|    | 5.  | Auskoppeloptik                                 |
|    | 6.  | Homogenisierungsoptik                          |
|    | 7.  | Mikrowabenkondensor                            |
|    | 8.  | Linsenglied                                    |
| 10 | 9.  | Austrittsöffnung des Faserbündels 4            |
|    | 10. | Zwischenbildebene                              |
|    | 11. | erste Quarzplatte                              |
|    | 12. | zweite Quarzplatte                             |
|    | 13. | vordere Außenfläche des Mikrowabenkondensors 6 |
| 15 | 14. | Kittfläche                                     |
|    | 15. | hintere Außenfläche des Mikrowabenkondensors 6 |
|    | 16. | Mikrolinsen                                    |
|    | 17. | Kondensor                                      |
|    | 18. | Durchlicht-Objekt                              |
| 20 | 19. | Linsengruppe                                   |
|    | 20. | Objektiv                                       |
|    | 21. | Strahlteiler                                   |
|    | 22. | Auflicht-Objekt                                |
|    | 23. | Granitblock                                    |
| 25 | 24. | Schwingungsdämpfer                             |
|    | 25. | Schwingungsdämpfer                             |
|    | 26. | Messtisch                                      |
|    | 27. | Luftlager                                      |
|    | 28. | Luftlager                                      |
| 30 | 29. | Laser-Interferometer                           |
|    | 30. | Maske  |
|    | 31. | Struktur                                       |
|    | 32. | Teilerspiegel                                  |
|    | 33. | Auflicht-Lichtquelle                           |
| 35 | 34. | Detektoreinrichtung                            |

35. Oberseite der Maske

Patentansprüche

1) Beleuchtungseinrichtung mit

- einer Lichtquelle (1),
- 5 - einem Lichtwellenleiter,
- einer Einkoppeloptik (3), welche das Licht der Lichtquelle (1) in ein erstes Ende des Lichtwellenleiters einkoppelt,
- einer Auskoppeloptik (5), welche das aus einem zweiten Ende des Lichtwellenleiters austretende Licht auskoppelt,
- 10 - und einer Beleuchtungsoptik (17; 20), welche das aus der Auskoppeloptik (5) austretende Licht aufnimmt und ein Bildfeld ausleuchtet,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- a) dass als Lichtwellenleiter ein optisches Faserbündel (4) angeordnet ist,
- b) und dass zwischen der Auskoppeloptik (5) und der Beleuchtungsoptik
- 15 (17; 20) eine Homogenisierungsoptik (6) angeordnet ist, welche die ungleichmässige Intensitätsverteilung des aus dem optischen Faserbündel (4) austretenden Lichts im Bildfeld homogenisiert.

2) Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1,

- dadurch gekennzeichnet,**
- 20 dass die Homogenisierungsoptik (6) einen Mikrowabenkondensor (7) und einen Linsenglied (8) umfasst, welche die Austrittsöffnung des Faserbündels (4) in einer Zwischenbildebene (10) zu einem homogenen Zwischenbild überlagern.

3) Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Licht der Lichtquelle (1) über die Einkoppeloptik(3) mit möglichst  
großer Numerischer Eintrittsapertur (z.B. von  $NA = 0.60$ ) abgenommen  
und in das optische Faserbündel (4) eingekoppelt wird .

4) Koordinaten-Messgerät mit

- einem horizontal xy-verschiebbaren Messtisch (26) zur Aufnahme eines Substrates mit einer zu vermessenden Struktur (31),
- einem Beleuchtungssystem mit einer Lichtquelle (1), einem Lichtwellenleiter (4), einer Einkoppeloptik (3) vor dem Lichtwellenleiter (4), einer Auskoppeloptik (5) nach dem Lichtwellenleiter (4), und einer Beleuchtungsoptik (17; 20) zur Ausleuchtung eines Bildfelds,
- und einer Detektoreinrichtung (14) zur Bestimmung der Position der Struktur,

**dadurch gekennzeichnet,**

- a) dass als Lichtwellenleiter ein optisches Faserbündel (4) angeordnet ist,
- b) und dass zwischen der Auskoppeloptik (5) und der Beleuchtungsoptik (17; 20) eine Homogenisierungsoptik (6) angeordnet ist , welche die ungleichmässige Intensitätsverteilung des aus dem optischen Faserbündel (4) austretenden Lichts im Bildfeld homogenisiert.

5) Koordinaten-Messgerät nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Homogenisierungsoptik einen Mikrowabenkondensor (6) und einen Linsenglied (8) umfasst, welche die Austrittsöffnung des Faserbündels (4) in einer Zwischenbildebene (10) zu einem homogenen Zwischenbild überlagern.

6) Koordinaten-Messgerät nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Licht der Lichtquelle (1) über die Einkoppeloptik (5) mit einer großen Numerischer Eintrittsapertur abgenommen und in das optische Faserbündel (4) eingekoppelt wird .

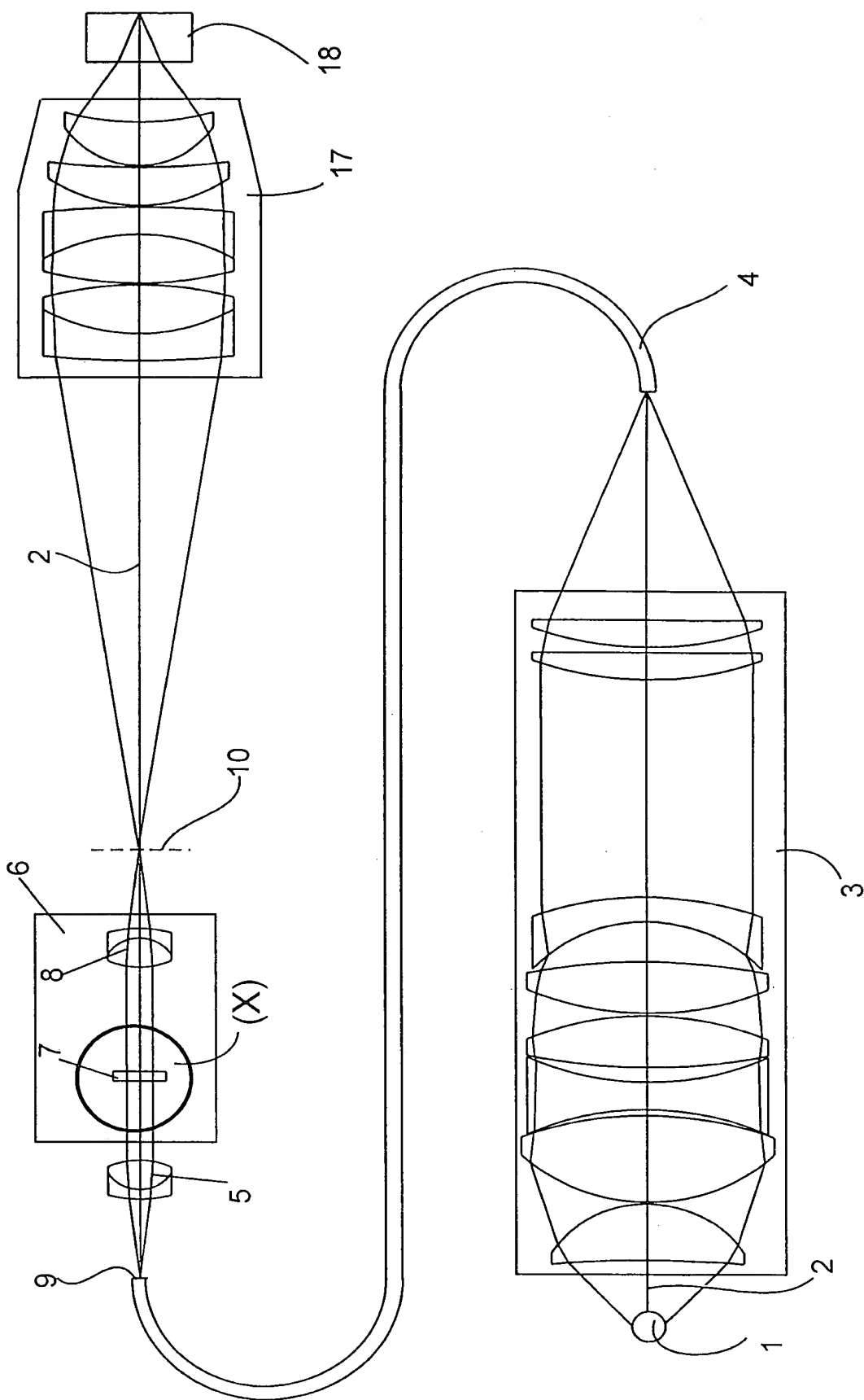
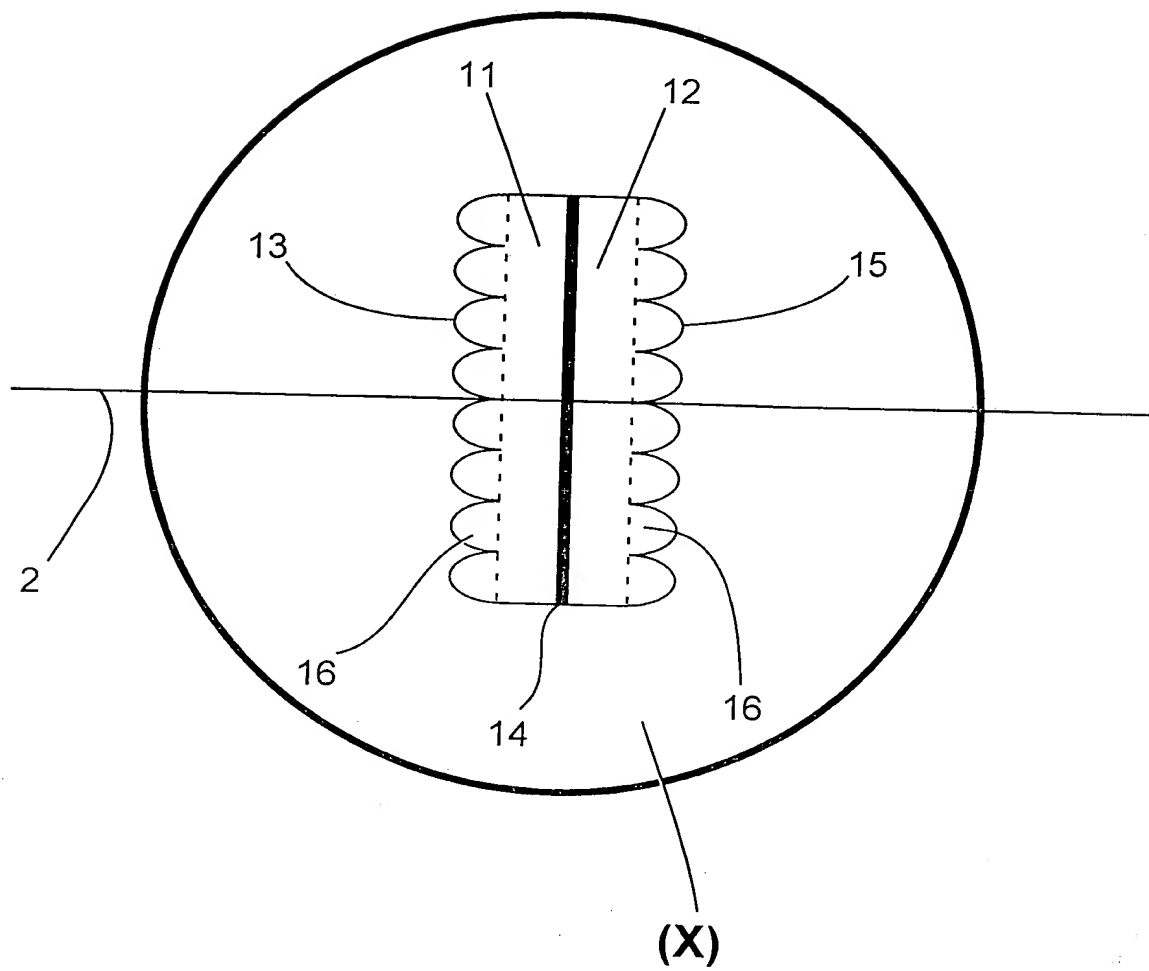


Fig. 1

**Fig. 2**

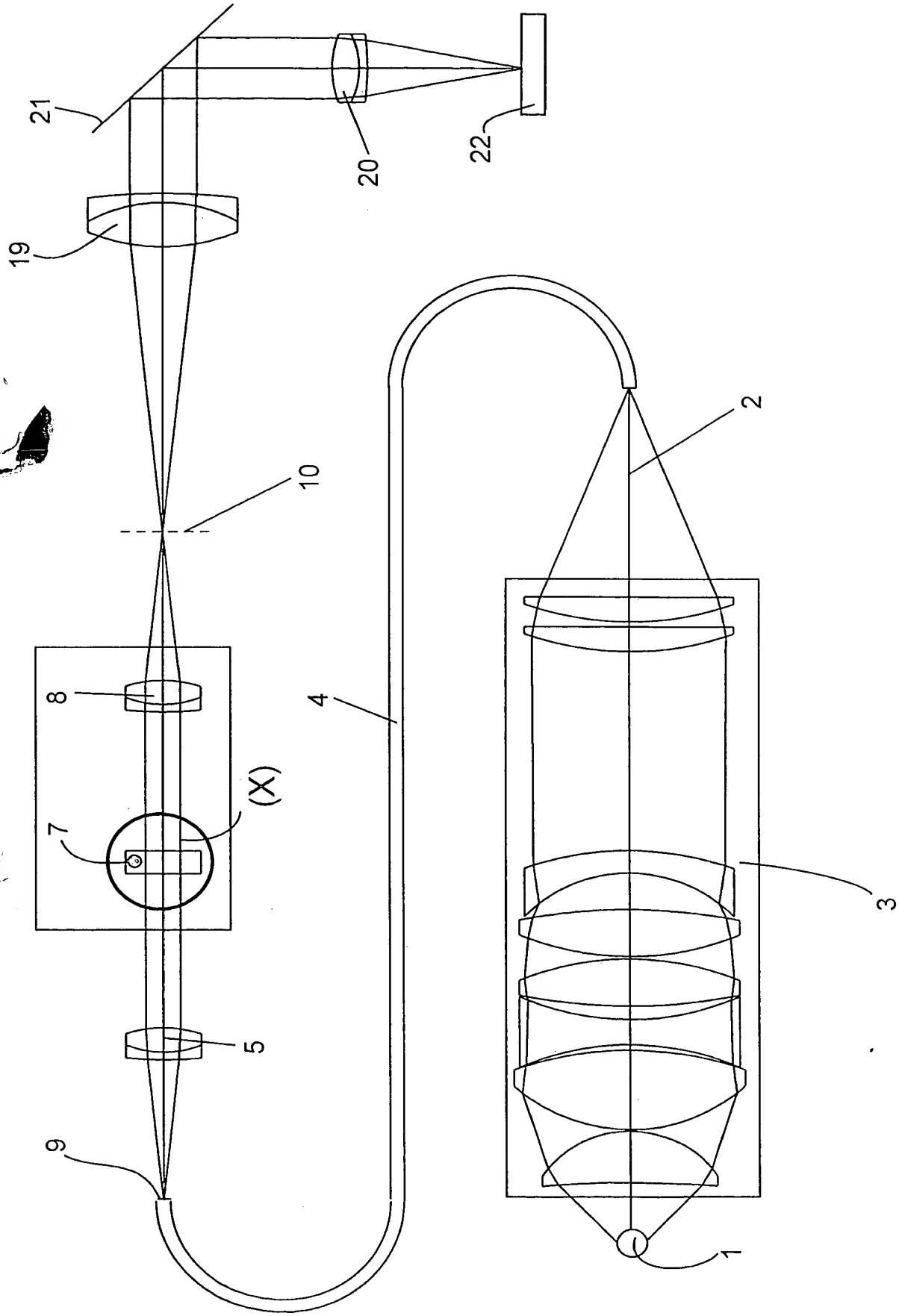
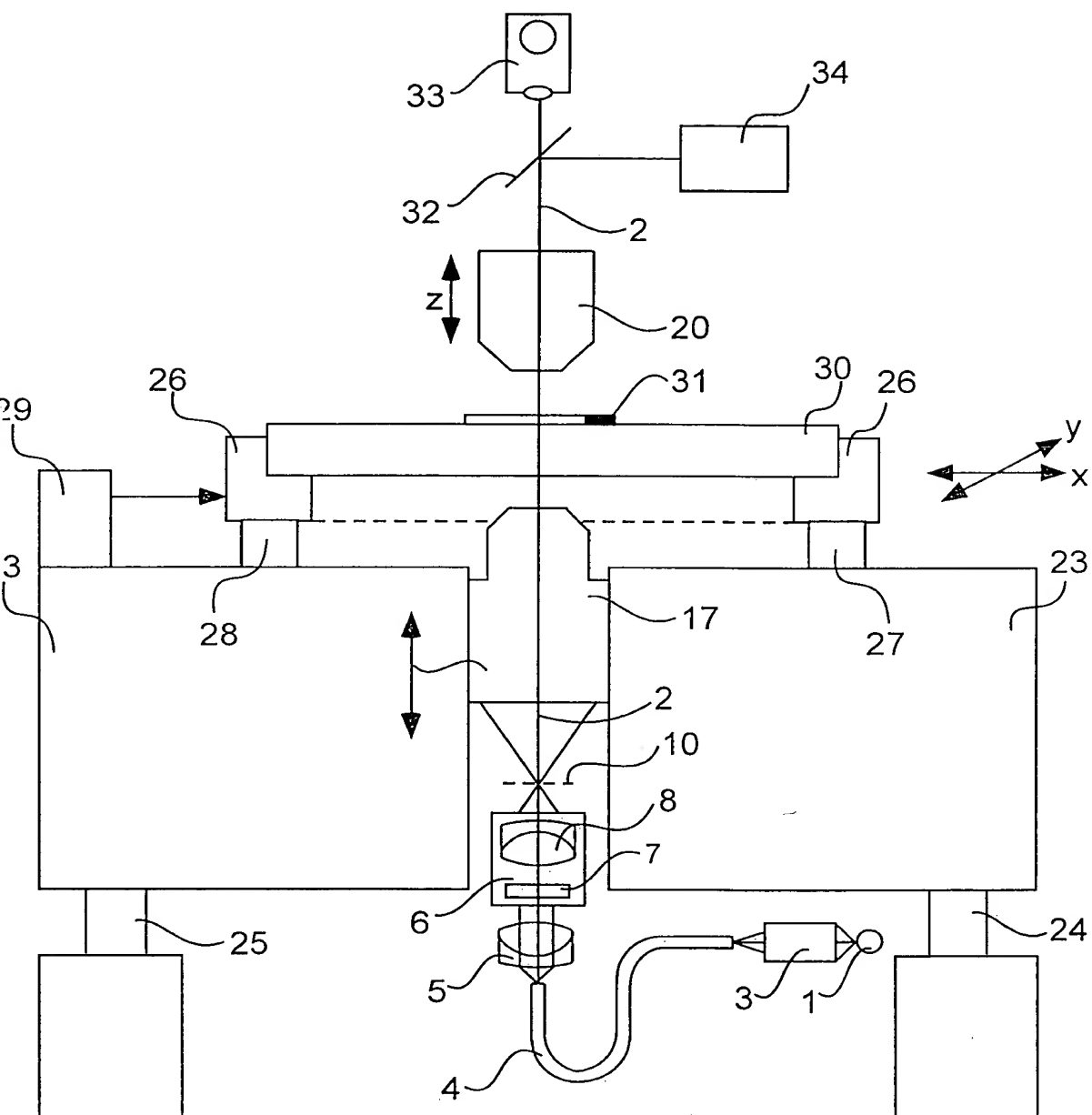


Fig. 3



**Fig. 4**



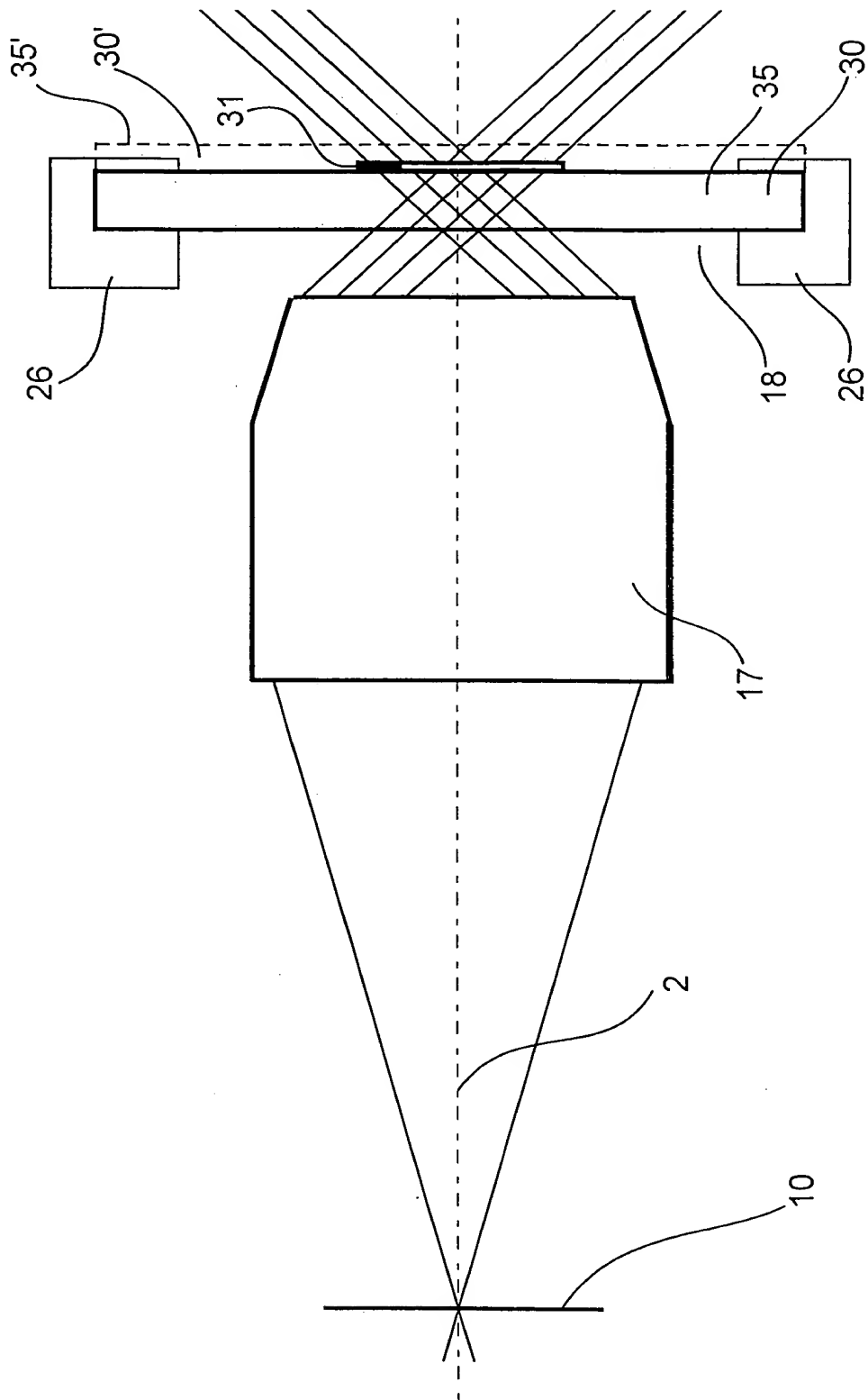


Fig. 5



Creation date: 02-23-2004  
Indexing Officer: W DENEKE - WOSSEN DENEKE  
Team: OIPEBackFileIndexing  
Dossier: 09893998

Legal Date: 01-17-2002

No.	Doccode	Number of pages
1	OATH	3
2	C.AD	2

Total number of pages: 5

Remarks:

Order of re-scan issued on .....